咖啡果小蠹防治之綜合管理策略

張淑芬[1*]、倪蕙芳[2]、林建志[3]、張哲瑋[4]

[1]農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系 副研究員

[2]農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系 副研究員兼系主任

[3]農業試驗所農業工程組 助理研究員

[4]農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系 研究員兼系主任

[*]通訊作者：sophie@dns.caes.gov.tw

摘要

咖啡是世界上具有高經濟價值之作物之一，近年因為發生咖啡果小蠹危害，造成產業界嚴重的經濟損失，巴拿馬、美國等咖啡產區國家，因此開始實施有害生物綜合管理措施，藉由田間咖啡果小蠹的監測，了解咖啡園區受到危害的果實數量與作物受到侵害感染的情況，配合物理防治、化學防治、生物防治及栽培防治等作物有害生物綜合管理策略，以確保在咖啡採收季節的關鍵時刻，維持產區內咖啡果小蠹較低的侵害比率，而其中要達到田間咖啡果小蠹的低密度控制之栽培管理策略則包括咖啡樹採收前後處理，收穫成熟果實運送處理過程避免咖啡果小蠹的移動危害，採收後徹底清園與整枝修剪等，此些措施均有助於降低咖啡果小蠹的數量至不會造成經濟損失的程度。

關鍵詞：作物有害生物綜合管理Integrated Pest Management (IPM)、栽培防治Cultural Control、田間衛生Field Sanitation

前言

咖啡在植物分類為茜草科 (Rubiaceae)，咖啡屬(*Coffea*)，學名 *Coffea* spp.。全世界在非洲、亞洲、美洲有超過50個國家，大約2000萬個農民栽種咖啡，咖啡產業年產值達700億美金 (Benavides, 2012)。根據農糧署 (2018)的統計資料，咖啡目前在台灣的收穫量已達1,018,520公斤，種植面積達1,167公頃，收穫面積1,151公頃，南投縣、嘉義縣、高雄市、屏東縣、台東縣都有超過100公頃的種植面積 (圖1)。2017年台灣咖啡種植面積，較2008年增加了將近一倍，隨著栽培面積的逐年增加，咖啡收穫量也漸漸提高。然而病蟲害的發生常影響咖啡生產收穫量，近年咖啡果小蠹[*Hypothenemus hampei* (Ferrari)]的危害造成咖啡樹的果實因危害嚴重而失去商品價值，讓咖啡農蒙受重大損失。現今咖啡果小蠹的防治，尚無推薦藥劑，而且半數以上的咖啡栽培田區採用有機栽培方式種植咖啡樹，如果沒有適當防治對策，則咖啡果小蠹危害便無法降低，因此如何利用現行栽培管理技術配合果小蠹監測及化學防治以降低咖啡果小蠹危害，則成為當前急於探討之課題，以使台灣咖啡產業能持續發展。

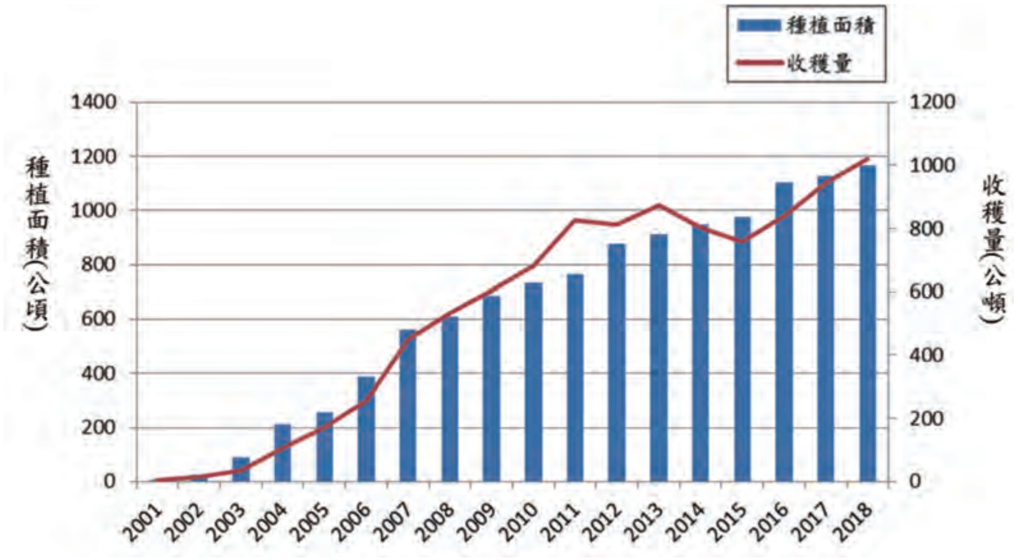


圖1. 2001-2018年台灣咖啡種植面積與收穫產量。
(行政院農業委員會農糧署農情報告)

咖啡果小蠹造成的經濟損失

咖啡果小蠹是全世界咖啡生產中危害最為嚴重的重要害蟲(Infante *et al*., 2012)，其造成咖啡果實外觀蛀孔及內部腐壞 (圖2)。巴西咖啡生產因果小蠹危害曾造成超過3億美元的經濟損失(Oliveira *et al*., 2013)。而各國家受到咖啡果小蠹危害的栽培面積比率，分別為非洲的坦尚尼亞90%、烏干達80%，北美洲的墨西哥60%、牙買加75%、南美洲的哥倫比亞60%、東南亞的馬來西亞50%，共影響全世界超過2000萬個家庭的生計，每年使用在控制咖啡果小蠹危害咖啡果實的費用，大約佔生產成本的10%，然而儘管各國為控制此蟲害蔓延付出了巨大努力，但疫情面積仍然繼續增長(Rodríguez *et al*., 2013)。

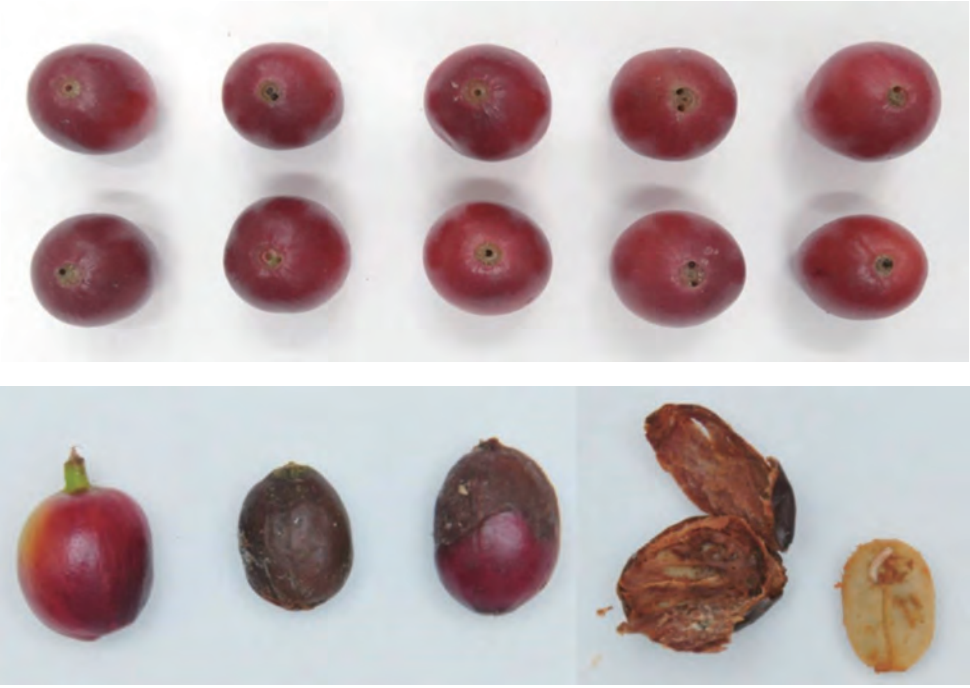


圖2. 咖啡果小蠹造成的咖啡成熟果實危害情形

SCA美國精品咖啡協會之生豆瑕疵分類規範標準(表1)，第一級瑕疵(重大瑕疵)為生豆有三個以上被蟲蛀、穿孔的痕跡的嚴重蟲蛀豆，第二級瑕疵(次要瑕疵)為生豆有被蟲蛀、穿孔的痕跡，但少於

三孔的輕微蟲蛀豆，2019臺灣國產精品咖啡豆評鑑制度臺灣國產精品咖啡豆評鑑規則咖啡生豆物理篩選規範依照此標準，執行單位就送評樣品隨機抽350 公克生豆進行瑕疵篩選，瑕疵生豆扣分方式為不應有第一級瑕疵(重大瑕疵)，二級瑕疵(次要瑕疵)之扣點不得超過五個瑕疵點，未達標準將予以淘汰。關於咖啡果小蠹造成的輕微穿孔與嚴重蟲蛀穿孔的情況都對咖啡生豆造成瑕疵，影響精品咖啡的認定，降低咖啡產物的品質，Luis等人(2018)指出咖啡果小蠹的危害造成咖啡種植者的收穫產量與品質降低，並增加生產成本。

表1. SCA美國精品咖啡協會之生豆瑕疵分類規範標準

第一級瑕疵		第二級瑕疵	
瑕疵名稱	達瑕疵扣點單位之瑕疵豆數量	瑕疵名稱	達瑕疵扣點單位之瑕疵豆數量
嚴重蟲蛀豆	5	輕微蟲蛀豆	10

圖3. 不同程度的咖啡果小蠹瑕疵生豆

Damon (2000)指出咖啡果小蠹並不會危害咖啡植株的葉片與枝條，只危害咖啡的未成熟與成熟果實，其危害可能造成以下三類經濟上的損失。第一類損失是因為咖啡成熟果實受到咖啡果小蠹鑽孔破壞，造成咖啡果實的影響，使得收穫後的咖啡生豆產量減少，也降低咖啡生豆的品質 (圖3)。第二類損失是咖啡果小蠹危害咖啡果實後所造成的物理破壞，進而使其他病原菌如細菌與真菌入侵感染

咖啡果實組織使咖啡果實更不具商品價值，影響收穫產量更鉅 (圖4)。第三類損失因為咖啡果小蠹危害咖啡的未成熟果實，當較小未成熟的咖啡果實受到攻擊，咖啡果小蠹鑽入較堅硬的綠色漿果，導致這些漿果在未成熟之前，就發生提早落果、果實發育停滯或是腐爛的情形，造成收穫物的損失 (圖5)。

圖4. 咖啡果實受到物理性的破壞後容易受到感染

圖5. 咖啡果實的早衰、停止發育或腐爛

田間咖啡樹綜合管理

2016年的夏威夷馬諾亞大學熱帶農業與人力資源學院(College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawai'i at Mānoa)出版「夏威夷咖啡果小蠹綜合害蟲管理建議」(Kawabata *et al*., 2017)，綜合夏威夷農業部，美國農業部ARS DKI PBARC，協同夏威夷農業委員會和咖啡種植者團體之間的共同努力所完成，文

中指出目前國外咖啡產區尚未有任何一種方法可以完全控制咖啡果小蠹，建議以害物綜合管理方法進行防治工作，且並非所有的建議都適用在所有的農民，咖啡農應該考慮自身的栽種方式(傳統或有機)與田間咖啡樹栽培情況，判斷咖啡園區最經濟有效的防治方法，最終目的在於控制田間咖啡果小蠹在較低蟲數狀態以減少危害。夏威夷的防治方式與台灣咖啡果小蠹的防治方式不全然相同，文末參考建議修改附錄表格，提供咖啡農民評估參考。

田間咖啡果小蠹監測

進行防治方法評估之前，先要了解田間咖啡果小蠹侵害咖啡果實的情況，以利判斷進行防治的時間點，以及選擇使用較有效的防治方法。利用咖啡樹採樣方法簡單監測咖啡果小蠹的侵害監控，也可以配合誘捕器的使用，讓監控情況更具體，在開花後約30天開始監控調查，如果開花初期已發現田區咖啡果小蠹，監控調查可以更早開始進行，夏威夷監控方式以每公頃採樣30株的咖啡樹，但是個別的咖啡園田區的地形、氣候條件、日照長度與強度 (圖6)、種植咖啡樹品種與樹齡 (圖7)、咖啡樹修剪狀況 (圖8)、慣行或有機栽培的情況各不相同，可能要將田間條件類似的田區進行劃分監測調查，監測咖啡園區中受到咖啡果小蠹危害的咖啡果實數量，以及調查咖啡果小蠹危害破壞咖啡果實的程度比率。

圖6. 不同地形與日照強度差異的咖啡園田區

圖7. 不同咖啡樹品種與樹齡的咖啡園田區

圖8.氣候條件不同與咖啡樹修剪狀況差異的咖啡園田區

藥劑防治

現今的防治方法在藥劑防治上，以夏威夷為例，農藥需要是當地批准的產品才能使用，應按照製造商標籤上的指示使用所有化學品和產品，並在安全範圍內使用農藥，目前台灣咖啡果小蠹雖尚未有正式推薦藥劑，但在咖啡毒蛾、夜蛾、粉介殼蟲及果實蠅等蟲害防治上推薦使用之藥劑有布芬淨、陶斯松、第滅寧，其中第滅寧及陶斯松於嘉義農業試驗分所室內藥劑篩選中顯示可兼防咖啡果小蠹(朱等, 2017)，然使用藥劑仍需要注意安全採收期。藥劑防治配合咖啡果小蠹監測，在咖啡果小蠹尚未破壞咖啡果實內的種子時，進行噴藥效果較好，當咖啡果小蠹已侵入咖啡果實內破壞種子，藥劑防治無法發揮效果，需要移除受害咖啡果實。

生物防治

生物防治為作物有害生物管理重要的一環，由於其對環境的友善度高於化學防治，因此當採行防治策略時，應作為優先考量使用的防治資材。咖啡果小蠹天敵及蟲生真菌的應用為目前國外使用的兩種主要生物防治方式。在天敵方面，例如寄生蜂*Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae)會寄生在果小蠹的幼蟲及成蟲。另外，在夏威夷以扁甲科昆蟲Flat bark beetle捕食咖啡果小蠹，也利用真菌如白殭菌(*Beauveria bassiana*)，應用經由批准的白殭菌商品噴灑以殺死咖啡園中的咖啡果小蠹，另外Castro等人 (2017)利用嗅覺測定法，評估咖啡果小蠹對揮發性化合物的偏好，在實驗室條件下，紅花菸草(*Nicotiana tabacum* L.)、馬纓丹(*Lantana camara* L.)對咖啡果小蠹有忌避作用，兩者均釋放揮發性倍半萜(volatile sesquiterpenes.)。目前台灣尚未發現咖啡果小蠹的天敵，也尚未有相關忌避植物的資料，在天敵、忌避植物及蟲生真菌的研究上仍有相當大需要努力的空間。

誘捕器應用防治

應用陷阱誘捕器防治咖啡果小蠹 (圖9)，台灣已有新型專利型號的咖啡果小蠹誘捕器，利用工業級甲醇和乙醇體積1:1調製，雌蟲可有效誘引，被應在大量誘殺及監測咖啡園的咖啡果小蠹發生密度(林, 2010)。在墨西哥的納亞里特州(Nayarit)利用誘捕器的設置進行咖啡果小蠹的監控與誘殺，依區域感染率配置誘捕器數量，配合田間咖啡果小蠹的果實危害取樣調查、栽培管理的清園控制、培訓技術人員、配合廣播與摺頁宣導，再由植物檢疫專業相關人員進行監督，納亞里特州的咖啡果小蠹侵害率已經由2003年的45%到2013年已降低於2%以下，危害面積越來越小(CESAVENAY, 2019)。

圖9. 咖啡園設置咖啡果小蠹誘捕器

栽培管理防治

Benavides等人(2012)建議咖啡果小蠹的的綜合管理，除了化學與生物防治之外，也應包含栽培計畫與農業管理的綜合作物管理(Integrated Crop Management, ICM)，目的是將咖啡果小蠹的蟲數減少到不會造成經濟損失的情況，讓咖啡農可以在哥倫比亞生產具競爭性的出口咖啡產品，進行農業管理雖然沒有直接影響咖啡果小蠹的蟲蛀危害控制，但是可以間接減少咖啡果小蠹的數量。

咖啡園田間栽培管理上應用的策略 (圖10~13)：1.田間植株種植較大間距，咖啡樹的主幹不宜過多造成樹體太茂密，人力才能更有效率地在田間移動進行果實收穫、蟲害監測評估、藥劑防治噴霧等；2.種植適當咖啡樹品種，咖啡果實不易落果，地面的落果就會減少；3.咖啡老樹適當的整枝修剪更新，維持適宜的樹勢，方便進行果實採收及栽培管理措施的施行；4.田間雜草防治管理，移除與咖啡樹競爭的雜草，在採收季節雜草防治能讓落果容易發現撿除。

圖10. 較大的咖啡樹種植間距方便人力在田間的防治操作

圖11. 各種咖啡樹品種的植株樹型不同，影響果實採收效率

圖12. 咖啡樹進行整枝修剪更新，維持適當主幹數目與樹勢

圖13. 咖啡園雜草管理有助於清園工作的執行

防治果小蠹的咖啡樹採收前後處理

咖啡果小蠹的雌蟲為了產卵飼養目的鑽入咖啡果實，造成咖啡果臍的圓孔，構成的排卵隧道，進行它們的繁殖過程，對田間的咖啡樹果實造成危害損失，咖啡果實一旦受到咖啡果小蠹危害，若未移除危害果實，咖啡果小蠹就能藉此繼續繁殖，初期危害咖啡果實，在整個採收季節會世代重疊提高族群感染率，殘留在樹上和地上的咖啡果實能讓蟲體繼續存活，甚至繼續危害下一個咖啡果實產季。為了降低咖啡果小蠹的族群數量，田間衛生管理至為重要，清園工作也須徹底執行。

收穫處理

1. 初期果實採收：初期的咖啡果實因為數量較少且品質不一，常常未被栽培者進行收穫，這樣的情況發生在有果小蠹為害的區域，這些留在樹上的咖啡果實往往成為咖啡果小蠹的食物，繁殖危害整個採收季節的咖啡果實，因此應該儘早摘除。
2. 主要產季果實採收：在主要的收穫季節，阿拉比卡咖啡的採收需要耗費人力，咖啡園採收人力成為影響咖啡果實收穫的關鍵，農業試驗所利用背負式咖啡振動收穫機 (圖14)，應用在協助咖啡園

果實採收工作(張等, 2016)。控制果小蠹的咖啡果實採收間隔以2至3週較為理想，超過1個月的採收間隔會讓咖啡果實中的咖啡果小蠹成熟逃脫，而且過長的採收間隔也會讓咖啡樹上的過熟果與乾果增加甚至落果。咖啡農採摘咖啡樹上紅熟的果實以獲得最好的咖啡收穫物品質，但是為了咖啡果小蠹的防治控制，對於咖啡樹上的過熟豆、乾果、地面落果也都應該儘量去除，及時採摘與收集採摘成熟果實，可以降低咖啡生產週期受到咖啡果小蠹侵害的比率。

3.後期果實採收：咖啡產季後期樹上果實數較少，過熟果與乾果比率多，以及未採收落到土壤中的咖啡果實如果有咖啡果小蠹入侵，將會繼續繁殖危害下一個產季的咖啡果實，為防止隔年果小蠹的為害需要在採收季節之後進行清園工作。

圖14. 背負式咖啡振動收穫機利用在咖啡園協助採收工作

收穫後處理與運送

1.採收果實處理：在咖啡產季所收穫的果實如可能有果小蠹的侵害

情形，需要注意田間採收果實的收穫袋或容器內部要有的塑膠袋(需材質較厚以免被咖啡果小蠹咬破)，並將袋口束緊避免咖啡果小蠹的逃脫，而且收穫後的咖啡果實應儘快送至處理場，避免在陽光下曝曬造成採收袋內的咖啡果實開始變質腐爛。

2.處理場果實處理：採收後的咖啡果實送至處理場，咖啡農會將果實進行不同的後製處理，處理過程中應儘量挑除遭到咖啡果小蠹侵害的果實，在水洗、發酵處理過程中的浮豆與果肉果皮要放於塑膠袋內，袋口束緊後清除，並避免將有咖啡果小蠹為害的處理果實殘餘物倒回咖啡園造成果小蠹在田間再次危害健康果實 (圖15)。另外，如果要將殘餘物當成田間堆肥，則需先殺死咖啡果小蠹才能使用，如深埋於土面15公分以下，或將殘餘物冷凍於-15℃的零下溫度48小時，或者以塑膠袋或容器密封放置在強烈陽光直曬環境下至少2週，才可能將咖啡果小蠹殺死。咖啡果小蠹侵害的高風險區域常發生在加工收穫咖啡的設施附近以及靠近建築物和鄰近咖啡種植園的道路附近，尤其是在漿果採摘過程中應加強對這些地點的監測工作(Aristizábal, 2016)，應用誘捕器設置在咖啡處理場與日曬場，誘殺逃離的咖啡果小蠹，有效隔離的處理場避免咖啡果小蠹逃離返回田間為害咖啡樹上的果實。

3.運送果實處理：採收運送果實的麻布袋或容器消毒，可以利用50℃的溫度消毒25分鐘、以熱水煮沸5分鐘、或以肥皂水浸泡過夜再清洗，載運咖啡果實的車輛與設備也可以利用肥皂水進行清洗，避免咖啡果小蠹蟲體殘留。產區咖啡果實採收後運至其他場區處理，應做好採收袋與容器的密閉隔離，處理場也應做好咖啡果小蠹侵害咖啡豆的處理，避免不同場區間咖啡果小蠹的移動交叉侵害感染。

4.儲藏果實處理：咖啡收穫物存放的環境維持在50～60%低濕度條件，乾燥完成的咖啡帶殼豆、生豆、日曬果實儘量處理控制在10.7%含水率以下，殘存其中的咖啡果小蠹雖然還可能存活，但已無法繁殖或無法侵害相鄰的生豆。

圖15. 咖啡果實處理後的果肉果皮殘餘物中殘留咖啡果小蠹侵害果實，不能直接放置回田間，避免造成二次侵害感染。

清園工作

1.樹上咖啡果實清除：收穫季節期間以及採收期之後清除咖啡樹上成熟的果實，可以減少咖啡果小蠹的來源，採收後立即徹底的清除栽培田區咖啡樹上剩餘的果實，包含綠色果實、紅熟果實、過熟果實、乾掉果實都要摘除 (圖16)，將可能帶有咖啡果小蠹蟲源的咖啡果實由田間移除，可以有效的減少咖啡果小蠹的來源數量 (Jaramillo et al., 2006)。低海拔地區的阿拉比卡咖啡樹對咖啡果小蠹的吸引力高，在清園工作上需要特別注意，另外在鄰近種植的咖啡園也需要同時控制，才能收事半功倍的效果(Damon, 2000)。

2.地上咖啡果實清除：收穫後的咖啡園中，地面會留有採收季節的落果，其中可能有咖啡果小蠹侵害的果實，此些果實內之蟲體如在乾旱季節可在果實中存活130天，如果土壤水分含量較高，殘留果實快速腐爛分解，蟲體才會因為缺乏食物造成死亡。環境氣候影響咖啡果小蠹的侵入果實數量，通常與溫度呈正相關，而與海拔高度呈負相關，溫度越高侵入為害數量越多，海拔高度越高，侵入為害數量越少(Constantino, 2010)。咖啡果實採收人力成

本高，可利用吸取機器具協助清園工作進行 (圖17)，但咖啡園區地形與栽種方式不同，需考慮較符合經濟效益的方式實施清園工作。

圖16. 清園時將咖啡樹上的鮮果(左)、乾果(中)及地面的落果(右)都要移除

圖17.利用吸取機器具協助清園工作

整枝修剪

1. 整枝：咖啡果實採收後，更新樹形調整主幹，咖啡老樹或樹勢衰弱的咖啡樹藉由整枝更新樹勢，種植行株距過密的咖啡園，整理過多的主幹讓樹體範圍變小，以使行株距變寬後容易進行栽培管理與果實採收工作，亦有農民將全株接近地面枝主幹鋸斷更新(圖18)，此法雖較為省工，但影響未來1～2年的果實收穫，整枝時同時要注意鋸除的樹幹與枝條可能殘留咖啡果實，為避免咖啡

果小蠹的侵害，應將其殘枝移出園區或集中銷毀處理。

2. 修剪：在收穫季節之後進行咖啡樹的修剪 (圖19)，可以更新結果枝條，適當的修剪掉生產效率差的枝條，使隔年的果實生長較好，將過度茂密的咖啡樹進行修剪，方便咖啡果實採收，有利於果實的採收效率，避免枝條殘留過多未採收的過熟果與乾果，以及減少落果量，剪除的咖啡樹殘枝應該集中處理，或移出咖啡園，避免枝條上殘留咖啡果小蠹侵害的果實留在咖啡園中。在整枝或修剪時要注意土壤的水分調控，乾旱會影響新芽的生長，需有降雨或灌溉以及適當的養分供應讓咖啡樹勢恢復。

圖18. 咖啡老樹的全株更新修剪(左圖更新前，右圖更新後恢復樹勢)

圖19. 咖啡樹採收後進行修剪

結語

台灣種植咖啡迄今已有百年歷史，早期日據時代咖啡樹因銹病問題而影響咖啡產業，經由農復會與嘉義農業試驗分所進行咖啡種原引種選育，在全台灣更替耐銹病等特性的優良咖啡品種後，台灣咖啡產業度過第一波難關得以持續發展，現今台灣咖啡栽培面積逐年增加，投入種植咖啡的農民漸增，加上近年引進藝妓(Geisha)等咖啡優秀風味品種，以及咖啡採收後製加工技術的進展，台灣咖啡已朝精品咖啡的方向發展，且獲得國內外優異的成績，但是近10年來因為咖啡果小蠹的蟲害發生，危害範圍幾乎遍及全台灣的咖啡產區，造成咖啡產業的損失，影響咖啡收獲物的品質，幸而有台南區農業改良場的咖啡果小蠹誘捕器，協助果小蠹危害的誘殺監控，雖然目前咖啡果小蠹的化學防治在台灣還沒有推薦使用藥劑，但是其他害蟲的推薦延伸使用藥劑，也被農民用來進行咖啡園區的蟲害防治，防治藥劑的室內藥效評估已由台南區農業改良場與嘉義農業試驗分所先後完成，農友使用時仍務必注意安全採收期之規範，以確保咖啡農藥的殘留量合於規定，保障農友及消費者權益。

關於咖啡樹的田間綜合蟲害管理，在咖啡果小蠹的防治尚未有生物防治的寄生蜂或專一性的白殭菌可以利用，仍待後續研究人員的努力，目前栽培管理防治方法利用田間咖啡樹的果小蠹監控，配合誘捕器在田間與處理場的配置，希望控制低密度族群減少危害損失，在採收季節果小蠹尚未侵入咖啡果實，可以利用藥劑噴佈或採摘侵染果實讓蟲害密度無法增加，當密度增加且果小蠹已侵害咖啡果實種子時，就要特別注意成熟果實的採收密封處理，以及過熟果、乾果與落果的移除，在採收季節結束後應儘快清園與修剪咖啡樹，進行移除枝條上殘留的果實並清除地面落果，避免果小蠹殘留田間危害隔年的咖啡果實。

田間栽培管理防治是需要勞力進行的工作，農民種植的咖啡園地形、氣候、品種、修剪管理情形也不盡相同，因此製作「咖啡園果小蠹防治綜合管理」栽培曆，並參考2016年的夏威夷馬諾亞大學

熱帶農業與人力資源學院出版「夏威夷咖啡果小蠹綜合害蟲管理建議」(Kawabata et al., 2017)，提供咖啡園栽培管理紀錄歷程、咖啡園果小蠹防治紀錄歷程、咖啡果小蠹監測採樣方法與侵害率採樣調查表的附錄表格，供農民參考以利控制減少咖啡果小蠹的數量，降低咖啡果小蠹所造成的經濟損失。

參考文獻

朱宜芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權。2017。咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估。台灣農業研究。66(4): 318–325。

行政院農業委員會農糧署。2018。農情報告資源網。https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp

林明瑩、陳昇寬。2010。咖啡的重要害蟲-咖啡果小蠹。台南區農業專訊。69: 15–17。

張淑芬、林建志。2016。咖啡機械採收之研究。臺灣園藝。62(4): 292–293。

Aristizábal, L.F., A.E. Bustillo, and S.P. Arthurs. 2016. Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. Insects. 7(1): 1–24.

Benavides P., C. Góngora and A. Bustillo. 2012. IPM Program to Control Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*, with Emphasis on Highly Pathogenic Mixed Strains of Beauveria bassiana, to Overcome Insecticide Resistance in Colombia. Insecticides – Advances in Integrated Pest Management. https://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/ipm-program-to-control-coffee-berry-borer-hypothenemus-hampei-with-emphasis-on-highly-pathogenic-mix

Castro, A. M., J. Tapias, A. Ortiz, P. Benavides and C. E. Góngora. 2017.

Identification of attractant and repellent plants to coffee berry borer, Hypothenemus hampei. Entomologia Experimentalis et Applicata. 164:120–130.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Nayarit (CESAVENAY). 2019. Campaña Contra Broca del Caféh. https://cesavenay.org.mx/?page_id=342

Constantino, L. M. 2010. La broca del café, un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitude. Technical Report. Report number: Brocarta No. 39 Cenicafé, Affiliation: Cenicafé. https://www.researchgate.net/publication/313301944

Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull Entomol Res. 90(6):453–65.

Infante, F., J. Pérez, F.E. Vega. 2012. Redirect research to control coffee pest. Nature 489: 502.

Jaramillo, J., C. Borgemeister, P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): Searching for sustainable control strategies. Bulletin of Entomological Research. 96(3): 223–233.

Kawabata, A. M., S. T. Nakamoto and R. T. Curtiss. 2017. Recommendations for coffee berry borer integrated pest management in Hawai'i 2016. University of Hawaii, Manoa publication # IP-41.

Luis, F. A., S. Suzanne, H. Robert, M. M. Gabriel, C. Bernardo, M. Traice, R. A. Steven. 2018. Field sampling strategies for coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) infesting berries in coffee farms in Hawaii. International Journal of Tropical Insect Science. 38: 418–426.

Oliveira, C.M., A.M. Auad, S.M. Mendes, M.R. Frizzas. 2013. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. J.

Appl. Entomol. 137, 1–15.

Rodríguez, D., J. R. Cure, A. P. Gutierrez, J. M. Cotes and F. Cantor. 2013. A coffee agroecosystem model: II. Dynamics of coffee berry borer. Ecological Modelling 248: 203–214

附錄一

咖啡園果小蠹防治綜合管理

<table>
<tr><td colspan="2">蕾期</td><td colspan="2">開花期</td><td colspan="2">小果期</td><td colspan="2">中果期</td><td colspan="2">成熟期</td><td colspan="2">熟果期</td><td colspan="2">枝條殘果</td><td colspan="2">地上落果</td></tr>
<tr><td colspan="16"> </td></tr>
<tr><td colspan="16">誘捕器誘殺監測</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="13">咖啡樹的咖啡果小蠹監測</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td><td colspan="11">咖啡果小蠹侵害果實</td></tr>
<tr><td colspan="8"></td><td colspan="4">果實收穫與處理</td><td colspan="4">清園與植株修剪</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td><td colspan="10">採摘清除遭侵害果實、過熟果、乾果、落果</td></tr>
</table>

附錄二

咖啡園栽培管理紀錄歷程

莊園名稱：____________________　　田區編號：________________

紀錄年份：__________年

紀錄\月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均溫度(℃)												
平均降雨量(毫米)												
田間灌溉次數												
第一次開花日期												
主要開花日期												
施肥類型(用量)												
噴藥類型(用量)												

附錄三

咖啡園果小蠹防治紀錄歷程

莊園名稱：____________________　　田區編號：________________

中華民國：__________年

紀錄\月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
誘捕器設置日期												
誘捕器中蟲體數目												
果小蠹侵害果實率												
收穫咖啡果實數量												
採摘殘果日期												
清園日期												
修剪日期												

附錄四

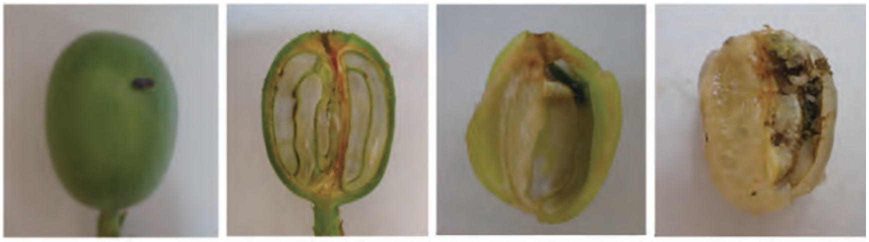
咖啡果小蠹監測採樣

一、採樣方法：

1.根據種植園齡將咖啡農場分成獨立的採樣區。
2.每公頃隨機選擇30株咖啡樹。
3.在咖啡樹的中間選擇一個有代表性的分支枝條，每株咖啡樹取樣1~4個果實，其中包含30~100個正在發育的漿果。
4.檢查所有綠色咖啡漿果的咖啡果小蠹入侵孔。
5.紀錄綠色咖啡漿果和帶有咖啡果小蠹入侵孔的漿果數量。
6.在整個種植園區以鋸齒狀重複移動的取樣調查。
7.計算每個採樣區的咖啡果小蠹侵害百分比。

二、評估咖啡果小蠹的侵害情形：

1.漿果內部受到滲透侵害的程度（AB~CD位置）可幫助農民做出控制策略的決策並評估綜合管理計畫的有效性。
2.在A、B圖中咖啡果小蠹危害果實的位置，咖啡果小蠹尚未破壞咖啡果實內的種子，在C、D圖中危害的位置，咖啡果小蠹已侵入咖啡果實中，破壞果實內的種子，無法用藥劑防治，需要將受害漿果去除。



A　B　C　D

三、咖啡果小蠹侵害百分比計算：

1.侵害感染％＝*調查表B欄總計／調查表A欄總計x 100
2.侵害咖啡果實A、B位置％＝A、B有效計數／剖開的漿果總數x 100
3.侵害咖啡果實C、D位置％＝C、D計數／剖開的漿果總數x 100

*調查表：咖啡果小蠹侵害率採樣調查表。

咖啡果小蠹侵害率採樣調查表

莊園名稱：＿＿＿＿＿＿＿＿　田區編號：＿＿＿＿＿＿＿＿

調查人員：＿＿＿＿＿＿＿＿　調查日期：＿＿年＿＿月＿＿日

分支枝條	A欄 綠色漿果數	B欄 受侵害的漿果數	咖啡果小蠹 侵害果實程度	備註欄
1			A☐ B☐ C☐ D☐	
2			A☐ B☐ C☐ D☐	
3			A☐ B☐ C☐ D☐	
4			A☐ B☐ C☐ D☐	
5			A☐ B☐ C☐ D☐	
6			A☐ B☐ C☐ D☐	
7			A☐ B☐ C☐ D☐	
8			A☐ B☐ C☐ D☐	
9			A☐ B☐ C☐ D☐	
10			A☐ B☐ C☐ D☐	
11			A☐ B☐ C☐ D☐	
12			A☐ B☐ C☐ D☐	
13			A☐ B☐ C☐ D☐	
14			A☐ B☐ C☐ D☐	
15			A☐ B☐ C☐ D☐	
16			A☐ B☐ C☐ D☐	
17			A☐ B☐ C☐ D☐	
18			A☐ B☐ C☐ D☐	
19			A☐ B☐ C☐ D☐	
20			A☐ B☐ C☐ D☐	
21			A☐ B☐ C☐ D☐	
22			A☐ B☐ C☐ D☐	
23			A☐ B☐ C☐ D☐	
24			A☐ B☐ C☐ D☐	
25			A☐ B☐ C☐ D☐	
26			A☐ B☐ C☐ D☐	
27			A☐ B☐ C☐ D☐	
28			A☐ B☐ C☐ D☐	
29			A☐ B☐ C☐ D☐	
30			A☐ B☐ C☐ D☐	
總計			A☐ B☐ C☐ D☐	